

Jurusan Sistem Komputer
Program Studi Robotika dan Otomasi
Skripsi Sarjana Komputer
Semester Genap tahun 2006/2007

HOLONOMIC WALKING ROBOT

Zweisty Septiarini 0700692186

Isnain Budiono 0700706544

Jati Indrapramasto 0700720662

Abstrak

Holonomic walking robot yang dikembangkan ini berbasis microcontroller, dimana AVR pada module on-board controller adalah sebagai sistem pengontrol dengan menggunakan ATiny 2313 yang berfungsi menerima perintah dari remote controller ini akan menggerakkan motor servo sesuai data yang diterima oleh ATTiny 2313 dan untuk sistem remote controller menggunakan ATmega 8535, dimana fungsi dari remote controller ini selain memerintahkan robot untuk bergerak baik secara kontinu ataupun secara perstep bisa juga sebagai menyimpan data memory dari pergerakan step robot untuk bergerak. Pengiriman data yang dilakukan dari remote controller ke on-board controller menggunakan Bluetooth supaya daerah jangkauan pengirimannya bisa lebih jauh dan tidak terlalu susah dalam penggunaannya dibandingkan dengan menggunakan kabel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan platform mobile robot berkaki agar memberikan fleksibilitas lebih selayaknya robot beroda. Metode penelitian yang dilakukan dalam penyusunan skripsi ini dilakukan dengan 2 cara, yaitu metode studi kepustakaan dan metode eksperimen dari hasil penelitian. Dari hasil penelitian didapatkan dari keempat gait (cara gerak jalan robot), dimana ke 4 gait itu mempunyai sistem berjalan yang berbeda-beda. Untuk gait 1 dan 2 mempunyai gerak jalan lurus kedepan, lalu gait 3 mempunyai pergerakan robot memutar kekanan atau searah jarum jam dan gait 4 mempunyai gerak jalan lurus tetapi kearah kanan. Selain itu dari beberapa modul dapat bekerja dengan baik dari modul on-board, remote interface (remote control), bluetooth dan servo tetapi masih ada sedikit gangguan dari struktur bangun mekaniknya. Sistem dari penelitian ini bisa lebih dikembangkan lagi untuk masa mendatang, dengan memperbaiki dari struktur bangunnya serta pengembangan gerak robot dan penambahan komponen lainnya untuk dikembangkan lebih baik.

Kata kunci : Holonomic walking robot, mobile robot, AVR, ATTiny 2313, ATmega 8535, memory, Bluetooth, platform, gait, on-board controller, remote controller, remote interface, servo.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat, rahmat, dan bimbingan-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi yang berjudul **HOLONOMIC WALKING ROBOT** ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan dalam jenjang pendidikan Strata-1 (S1) jurusan Sistem Komputer di Universitas Bina Nusantara.

Skripsi ini selaku hasil karya ciptaan manusia masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mohon maaf atas kekurang sempurnaan tersebut. Penulis sangat terbuka dan berterima kasih atas berbagai saran, masukan, dan kritik membangun dari berbagai pihak.

Pada kesempatan yang baik ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyampaikan terima kasih khusus kepada :

1. Kedua orang tua beserta seluruh keluarga penulis yang telah memberikan dorongan semangat, motivasi, materi dan doa kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.
2. Bapak Iman H. Kartowisastro, Ph.D. selaku pembimbing yang telah memberikan petunjuk, saran dan bimbingan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Rudy Susanto, S.Kom selaku penanggung jawab Lab. Litbang Sistem Komputer yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan petunjuk, saran, kritik dan ide serta kepercayaan dalam penggunaan fasilitas ruangan dan perlengkapan di KDB.

4. Bapak Prof. Dr. Geradus Polla, M.App.Sc selaku Rektor Universitas Bina Nusantara.
5. Bapak Sablin Yusuf, Ir., M.Sc., M.CompSc., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bina Nusantara.
6. Bapak Wiedjaja, S.Kom, selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Universitas Bina Nusantara.
7. Bapak Robby Saleh, S.Kom. selaku sekretaris jurusan Sistem Komputer Universitas Bina Nusantara.
8. Para rekan Asisten dan Staff *Computer Engineering Laboratorium* Universitas Bina Nusantara.
9. Para Dosen dan Staff Universitas Bina Nusantara.yang telah memberikan bantuan dan masukan serta dukungan kepada penulis selama penyusunan penelitian.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam penyusunan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan yang telah mereka berikan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta memberikan sumbangsih bagi kemajuan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Jakarta, 23 Juni 2007

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| Halaman Judul Luar..... | i |
| Halaman Judul Dalam..... | ii |
| Halaman Persetujuan <i>Hardcover</i> | iii |
| Abstrak..... | iv |
| Prakata..... | v |
| Daftar Isi..... | vii |
| Daftar Tabel..... | xii |
| Daftar Gambar..... | xiv |
| Daftar Lampiran..... | xxii |

BAB 1 PENDAHULUAN

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Ruang Lingkup..... | 2 |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat..... | 3 |
| 1.4 Metodologi Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 4 |

BAB 2 LANDASAN TEORI

| | |
|-------------------------------|---|
| 2.1 Mobile Robot..... | 6 |
| 2.1.1 Robot Berkaki..... | 6 |
| 2.1.2 Pengendalian Robot..... | 8 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.2 | Servo Motor..... | 9 |
| 2.2.1 | Overview..... | 9 |
| 2.2.2 | Cara Pengendalian..... | 11 |
| 2.3 | Komunikasi Serial..... | 12 |
| 2.3.1 | Standar Komunikasi Serial..... | 12 |
| 2.3.2 | RS-232..... | 13 |
| 2.3.3 | Komunikasi serial synchronous dan asynchronous..... | 13 |
| 2.4 | Komunikasi Bluetooth..... | 15 |
| 2.4.1 | Sistem Komunikasi Bluetooth..... | 16 |
| 2.4.2 | Setting Koneksi..... | 16 |
| 2.4.3 | Pairing..... | 17 |
| 2.4.4 | Frekuensi Udara..... | 18 |
| 2.5 | Mikrokontroller AVR..... | 19 |
| 2.5.1 | Overview..... | 19 |
| 2.5.2 | Program Memory..... | 21 |
| 2.5.3 | Data memory..... | 21 |
| 2.5.4 | EEPROM Storage..... | 22 |
| 2.5.5 | Fitur..... | 23 |
| 2.6 | Gait Pergerakkan..... | 24 |
| 2.6.1 | Gait Pada Manusia (Human Gait)..... | 25 |
| 2.6.2 | Gait Pada Kuda (Horse Gait)..... | 26 |
| 2.6.3 | Gait Pada Hewan Berkaki Banyak (Multi-Leg)..... | 33 |

BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

| | | |
|---------|--------------------------------------|-----|
| 3.1 | Perancangan Awal..... | 41 |
| 3.1.1 | Struktur Tubuh Robot..... | 42 |
| 3.1.2 | Analisa Pusat Massa..... | 43 |
| 3.1.3 | Analisa Keseimbangan Robot..... | 45 |
| 3.1.4 | Analisa Pergerakan dan Gait..... | 57 |
| 3.2 | Sudut Pergerakan Robot..... | 58 |
| 3.3 | Pergerakan Robot Step by Step..... | 65 |
| 3.3.1 | Penggunaan Gait 1..... | 78 |
| 3.3.2 | Penggunaan Gait 2..... | 86 |
| 3.3.3 | Penggunaan Gait 3..... | 93 |
| 3.3.4 | Penggunaan Gait 4..... | 97 |
| 3.4 | Perancangan Perangkat Keras..... | 102 |
| 3.4.1 | Perancangan Mekanik..... | 102 |
| 3.4.1.1 | Platform Elektronik..... | 104 |
| 3.4.1.2 | Engsel Penggerak..... | 105 |
| 3.4.1.3 | Bentuk Kaki..... | 107 |
| 3.4.2 | Perancangan Elektronik..... | 108 |
| 3.4.2.1 | Remote Interface..... | 109 |
| 3.4.2.2 | On-Board Controller..... | 110 |
| 3.5 | Perancangan Software..... | 111 |
| 3.5.1 | Software Remote Interface..... | 113 |
| 3.5.1.1 | Bluetooth Manager..... | 113 |
| 3.5.1.2 | Protokol Komunikasi Antar Modul..... | 114 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| 3.5.1.3 | Perancangan Menu..... | 114 |
| 3.5.1.4 | Flowchart Remote Interface..... | 116 |
| 3.5.2 | Software On-Board Controller..... | 120 |
| 3.5.2.1 | Program Utama..... | 120 |
| 3.5.2.2 | Flowchart On-Board Controller..... | 122 |
| | | |
| BAB 4 | IMPLEMENTASI DAN EVALUASI | |
| 4.1 | Spesifikasi Sistem..... | 123 |
| 4.2 | Implementasi..... | 127 |
| 4.1.1 | Implementasi Remote Control..... | 127 |
| 4.2.1.1 | Tampilan Awal..... | 127 |
| 4.2.1.2 | Tampilan Menu Pairing Bluetooth..... | 128 |
| 4.2.1.3 | Tampilan Memilih Mode..... | 129 |
| 4.2.1.4 | Tampilan Memilih Gait..... | 130 |
| 4.2.1.5 | Tampilan Ketika Mulai Menjalankan Mode 1.. | 132 |
| 4.2.1.6 | Tampilan Ketika Mulai Menjalankan Mode 2.. | 134 |
| 4.1.2 | Implementasi Robot..... | 139 |
| 4.1.2.1 | Prosedur Persiapan Robot..... | 139 |
| 4.1.2.2 | Prosedur Pengoperasian Robot..... | 140 |
| 4.3 | Pengujian Sistem..... | 140 |
| 4.3.1 | Pengujian Servo..... | 143 |
| 4.3.2 | Pengujian Pola Berjalan..... | 145 |
| 4.3.2.1 | Gait 1..... | 151 |
| 4.3.2.2 | Gait 2..... | 156 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| 4.3.2.3 | Gait 3..... | 162 |
| 4.3.2.4 | Gait 4..... | 166 |
| 4.3.3 | Pengukuran Tegangan Terhadap Pola Berjalan..... | 171 |
| 4.3.4 | Pengujian Konektivitas Bluetooth..... | 171 |
| 4.3.4.1 | Indoor..... | 172 |
| 4.3.4.2 | Outdoor..... | 173 |
| 4.4 | Evaluasi Sistem..... | 173 |
| | | |
| BAB 5 | SIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1. | Simpulan..... | 188 |
| 5.2. | Saran..... | 189 |
| | | |
| DAFTAR PUSTAKA | | 191 |
| RIWAYAT HIDUP | | 192 |
| | | |
| LAMPIRAN - LAMPIRAN | | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|-----|
| Tabel 3.1 | Tabel Pergerakkan Robot Step by Step Gait 1 Dengan Satuan Derajat... | 66 |
| Tabel 3.2 | Tabel Pergerakkan Robot Step by Step Gait 2 Dengan Satuan Derajat... | 68 |
| Tabel 3.3 | Tabel Pergerakkan Robot Step by Step Gait 3 Dengan Satuan Derajat... | 70 |
| Tabel 3.4 | Tabel Pergerakkan Robot Step by Step Gait 3 Dengan Satuan Derajat... | 72 |
| Tabel 4.1 | Tabel Komponen yang digunakan..... | 126 |
| Tabel 4.2 | Tabel Workspace Servo 1 dan Servo 2..... | 144 |
| Tabel 4.3 | Tabel Workspace Servo 3 dan Servo 4..... | 144 |
| Tabel 4.4 | Tabel Workspace Servo 5 dan Servo 6..... | 145 |
| Tabel 4.5 | Tabel Workspace Servo 7 dan Servo 8..... | 145 |
| Tabel 4.6 | Tabel Hasil Percobaan Gait 1 (0.5s)..... | 155 |
| Tabel 4.7 | Tabel Hasil Percobaan Gait 1 (0.5s) untuk data yang n/a..... | 155 |
| Tabel 4.8 | Tabel Hasil Percobaan Gait 1 (1s)..... | 156 |
| Tabel 4.9 | Tabel Hasil Percobaan Gait 2 (0.5s)..... | 160 |
| Tabel 4.10 | Tabel Hasil Percobaan Gait 2 (0.5s) untuk data yang n/a..... | 161 |
| Tabel 4.11 | Tabel Hasil Percobaan Gait 2 (1s)..... | 161 |
| Tabel 4.12 | Tabel Hasil Percobaan Gait 3 (0.5s)..... | 165 |
| Tabel 4.13 | Tabel Hasil Percobaan Gait 3 (1s)..... | 165 |
| Tabel 4.14 | Tabel Hasil Percobaan Gait 4 (0.5s)..... | 169 |
| Tabel 4.15 | Tabel Hasil Percobaan Gait 4 (1s)..... | 170 |
| Tabel 4.16 | Tabel Hasil Percobaan Gait 4 (1s) untuk data yang n/a..... | 170 |
| Tabel 4.17 | Tabel Hasil Pengukuran tegangan baterai dan waktu pemakaian servo..... | 171 |

Tabel 4.18 Tabel Hasil Pengukuran tegangan baterai untuk on-board controller..... 171

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Robot Berkaki ASIMO buatan HONDA..... | 7 |
| Gambar 2.2 | Robot semi autonomous URBIE yang dikendalikan dengan remote untuk tujuan eksplorasi daerah berbahaya..... | 9 |
| Gambar 2.3 | Motor Servo..... | 9 |
| Gambar 2.4 | Bagian dalam Motor Servo..... | 10 |
| Gambar 2.5 | Protokol Komunikasi Serial Asynchronous..... | 15 |
| Gambar 2.6 | Logo Bluetooth..... | 16 |
| Gambar 2.7 | Contoh Implementasi Bluetooth pada Headset telepon seluler..... | 19 |
| Gambar 2.8 | ATMega8535..... | 21 |
| Gambar 2.9 | Blok Diagram ATMega8535..... | 23 |
| Gambar 2.10 | Walk Gait..... | 27 |
| Gambar 2.11 | Trot Gait..... | 28 |
| Gambar 2.12 | Canter Gait 1..... | 29 |
| Gambar 2.13 | Canter Gait 2..... | 29 |
| Gambar 2.14 | Gallop Gait 1..... | 30 |
| Gambar 2.15 | Gallop Gait 2..... | 30 |
| Gambar 2.16 | Pace Gait..... | 31 |
| Gambar 2.17 | Slow Gait..... | 32 |
| Gambar 2.18 | Niko-6 Hexapod Robot..... | 33 |
| Gambar 2.19 | Urutan Pergerakan Tripod Gait..... | 34 |
| Gambar 2.20 | Timing Diagram Tripod Gait..... | 35 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.21 | Urutan Pergerakan Wave Gait..... | 36 |
| Gambar 2.22 | Timing Diagram Wave Gait..... | 36 |
| Gambar 2.19 | Urutan Pergerakan Ripple Gait..... | 37 |
| Gambar 2.20 | Timing Diagram Ripple Gait..... | 38 |
| Gambar 3.1 | Struktur Tubuh Robot..... | 43 |
| Gambar 3.2 | Pusat massa dilihat dari satu sisi..... | 44 |
| Gambar 3.3 | Pusat massa benda persegi..... | 44 |
| Gambar 3.4 | Gaya pada robot dengan 4 kaki..... | 46 |
| Gambar 3.5 | Gaya pada robot dengan 3 kaki..... | 50 |
| Gambar 3.6 | Gaya pada robot dengan 2 kaki disatu sisi..... | 53 |
| Gambar 3.7 | Gaya pada robot dengan 2 kaki secara diagonal..... | 55 |
| Gambar 3.8 | Posisi kaki robot ketika bertumpu dengan 2 kaki secara diagonal..... | 55 |
| Gambar 3.9 | Sudut Pergerakan Robot..... | 59 |
| Gambar 3.10 | Titik Keseimbangan Robot dengan Sudut Gerak 27° | 60 |
| Gambar 3.11 | Titik Keseimbangan Robot dengan Sudut Gerak 45° | 61 |
| Gambar 3.12 | Motor Servo 1 dan 2 dengan Posisi Robot Naik..... | 62 |
| Gambar 3.13 | Motor Servo 1 dan 2 dengan Posisi Robot Turun..... | 62 |
| Gambar 3.14 | Motor Servo 1 dan 2 dengan Posisi Robot Seimbang..... | 63 |
| Gambar 3.15 | Motor Servo 3 dan 4 dengan Posisi Robot Naik..... | 64 |
| Gambar 3.16 | Motor Servo 3 dan 4 dengan Posisi Robot Turun..... | 64 |
| Gambar 3.17 | Motor Servo 3 dan 4 dengan Posisi Robot Seimbang..... | 65 |
| Gambar 3.18 | Kaki Robot Dilihat Dari Atas Dengan Kaki Kedepan (30°)..... | 74 |
| Gambar 3.19 | Kaki Robot Dilihat Dari Atas Dengan Kaki Ditengah (0°)..... | 75 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.20 | Kaki Robot Dilihat Dari Atas Dengan Kaki Ke belakang (-30°)..... | 75 |
| Gambar 3.21 | Kaki Robot Dilihat Dari Samping Dengan Kaki Kedepan (30°)..... | 76 |
| Gambar 3.22 | Kaki Robot Dilihat Dari Samping Dengan Kaki Ditengah (0°)..... | 76 |
| Gambar 3.23 | Kaki Robot Dilihat Dari Samping Dengan Kaki Ke belakang (-30°)..... | 76 |
| Gambar 3.24 | Kaki Robot Dilihat Dari Serong Atas Dengan Kaki Kedepan (30°).. | 77 |
| Gambar 3.25 | Kaki Robot Dilihat Dari Serong Atas Dengan Kaki Ditengah (0°)... | 77 |
| Gambar 3.26 | Kaki Robot Dilihat Dari Serong Atas Dengan Kaki Ke belakang (-30°)..... | 77 |
| Gambar 3.27 | Step 1 dengan Gait 1 (Tampak Atas)..... | 78 |
| Gambar 3.28 | Step 1 dengan Gait 1 (Tampak Samping)..... | 79 |
| Gambar 3.29 | Step 2 dengan Gait 1 (Tampak Atas)..... | 79 |
| Gambar 3.30 | Step 2 dengan Gait 1 (Tampak Samping)..... | 79 |
| Gambar 3.31 | Step 3 dengan Gait 1 (Tampak Atas)..... | 80 |
| Gambar 3.32 | Step 3 dengan Gait 1 (Tampak Samping)..... | 80 |
| Gambar 3.33 | Step 4 dengan Gait 1 (Tampak Atas)..... | 81 |
| Gambar 3.34 | Step 4 dengan Gait 1 (Tampak Samping)..... | 81 |
| Gambar 3.35 | Step 5 dengan Gait 1 (Tampak Atas)..... | 82 |
| Gambar 3.36 | Step 5 dengan Gait 1 (Tampak Samping)..... | 82 |
| Gambar 3.37 | Step 6 dengan Gait 1 (Tampak Atas)..... | 83 |
| Gambar 3.38 | Step 6 dengan Gait 1 (Tampak Samping)..... | 83 |
| Gambar 3.39 | Step 7 dengan Gait 1 (Tampak Atas)..... | 84 |
| Gambar 3.40 | Step 7 dengan Gait 1 (Tampak Samping)..... | 84 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.41 | Step 8 dengan Gait 1 (Tampak Atas)..... | 85 |
| Gambar 3.42 | Step 8 dengan Gait 1 (Tampak Samping)..... | 85 |
| Gambar 3.43 | Step 1 dengan Gait 2 (Tampak Atas)..... | 86 |
| Gambar 3.44 | Step 1 dengan Gait 2 (Tampak Samping)..... | 86 |
| Gambar 3.45 | Step 2 dengan Gait 2 (Tampak Atas)..... | 87 |
| Gambar 3.46 | Step 2 dengan Gait 2 (Tampak Samping)..... | 87 |
| Gambar 3.47 | Step 3 dengan Gait 2 (Tampak Atas)..... | 88 |
| Gambar 3.48 | Step 3 dengan Gait 2 (Tampak Samping)..... | 88 |
| Gambar 3.49 | Step 4 dengan Gait 2 (Tampak Atas)..... | 89 |
| Gambar 3.50 | Step 4 dengan Gait 2 (Tampak Samping)..... | 89 |
| Gambar 3.51 | Step 5 dengan Gait 2 (Tampak Atas)..... | 90 |
| Gambar 3.52 | Step 5 dengan Gait 2 (Tampak Samping)..... | 90 |
| Gambar 3.53 | Step 6 dengan Gait 2 (Tampak Atas)..... | 91 |
| Gambar 3.54 | Step 6 dengan Gait 2 (Tampak Samping)..... | 91 |
| Gambar 3.55 | Step 7 dengan Gait 2 (Tampak Atas)..... | 92 |
| Gambar 3.56 | Step 7 dengan Gait 2 (Tampak Samping)..... | 92 |
| Gambar 3.57 | Step 8 dengan Gait 2 (Tampak Atas)..... | 93 |
| Gambar 3.58 | Step 8 dengan Gait 2 (Tampak Samping)..... | 93 |
| Gambar 3.59 | Step 1 dengan Gait 3 (Tampak Atas)..... | 94 |
| Gambar 3.60 | Step 2 dengan Gait 3 (Tampak Atas)..... | 94 |
| Gambar 3.61 | Step 3 dengan Gait 3 (Tampak Atas)..... | 95 |
| Gambar 3.62 | Step 4 dengan Gait 3 (Tampak Atas)..... | 95 |
| Gambar 3.63 | Step 5 dengan Gait 3 (Tampak Atas)..... | 96 |
| Gambar 3.64 | Step 6 dengan Gait 3 (Tampak Atas)..... | 96 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gambar 3.65 | Step 7 dengan Gait 3 (Tampak Atas)..... | 97 |
| Gambar 3.66 | Step 1 dengan Gait 4 (Tampak Atas)..... | 98 |
| Gambar 3.67 | Step 2 dengan Gait 4 (Tampak Atas)..... | 98 |
| Gambar 3.68 | Step 3 dengan Gait 4 (Tampak Atas)..... | 99 |
| Gambar 3.69 | Step 4 dengan Gait 4 (Tampak Atas)..... | 99 |
| Gambar 3.70 | Step 5 dengan Gait 4 (Tampak Atas)..... | 100 |
| Gambar 3.71 | Step 6 dengan Gait 4 (Tampak Atas)..... | 100 |
| Gambar 3.72 | Step 7 dengan Gait 4 (Tampak Atas)..... | 101 |
| Gambar 3.73 | Step 8 dengan Gait 4 (Tampak Atas)..... | 101 |
| Gambar 3.74 | Model Kaki Robot..... | 103 |
| Gambar 3.75 | Model Platform Elektronik..... | 104 |
| Gambar 3.76 | Engsel A..... | 105 |
| Gambar 3.77 | Engsel B & Engsel C..... | 106 |
| Gambar 3.78 | Pergerakan Kaki Pengaruh dari Ketiga Engsel..... | 107 |
| Gambar 3.79 | Alas Kaki Robot..... | 108 |
| Gambar 3.80 | Blok Diagram Sistem..... | 109 |
| Gambar 3.81 | Skematik Remote Interface..... | 110 |
| Gambar 3.82 | Skematik On-Board Controller..... | 111 |
| Gambar 3.83 | Flowchart Inisialisasi Awal..... | 118 |
| Gambar 3.84 | Flowchart Mode 1..... | 119 |
| Gambar 3.85 | Flowchart Mode 2..... | 120 |
| Gambar 3.86 | Flowchart Keseluruhan..... | 122 |
| Gambar 4.1 | Tampilan awal..... | 127 |
| Gambar 4.2 | Tampilan awal untuk memulai operasi remote..... | 127 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gambar 4.3 | Tampilan menu pairing bluetooth..... | 128 |
| Gambar 4.4 | Tampilan ketika bluetooth sedang melakukan pairing..... | 128 |
| Gambar 4.5 | Tampilan ketika pairing telah berhasil..... | 129 |
| Gambar 4.6 | Tampilan menu pemilihan mode..... | 129 |
| Gambar 4.7 | Tampilan ketika mode 1 dipilih..... | 130 |
| Gambar 4.8 | Tampilan ketika mode 2 dipilih..... | 130 |
| Gambar 4.9 | Tampilan menu pemilihan gait..... | 130 |
| Gambar 4.10 | Tampilan ketika gait 1 dipilih..... | 131 |
| Gambar 4.11 | Tampilan ketika gait 2 dipilih..... | 131 |
| Gambar 4.12 | Tampilan ketika gait 3 dipilih..... | 131 |
| Gambar 4.13 | Tampilan ketika gait 4 dipilih..... | 132 |
| Gambar 4.14 | Tampilan menu pemilihan delay minimal (0.5 detik)..... | 132 |
| Gambar 4.15 | Tampilan untuk memilih besar delay antar step yang diinginkan... | 133 |
| Gambar 4.16 | Tampilan ketika delay antar step telah dipilih..... | 133 |
| Gambar 4.17 | Tampilan ketika mode 1 sedang berlangsung..... | 134 |
| Gambar 4.18 | Tampilan ketika memasuki mode 2..... | 134 |
| Gambar 4.19 | Tampilan menu didalam mode 2 pada setiap step (untuk step 1).... | 135 |
| Gambar 4.20 | Tampilan fitur dalam menu edit..... | 135 |
| Gambar 4.21 | Tampilan menu pada step 2..... | 135 |
| Gambar 4.22 | Tampilan menu penyimpanan..... | 136 |
| Gambar 4.23 | Tampilan untuk fitur memilih nomor dan posisi servo..... | 136 |
| Gambar 4.24 | Tampilan menu pengiriman..... | 137 |
| Gambar 4.25 | Tampilan untuk memilih lokasi penyimpanan gait..... | 138 |
| Gambar 4.26 | Tampilan ketika lokasi penyimpanan gait telah dipilih..... | 138 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gambar 4.27 | Tampilan ketika penyimpanan gait sedang berlangsung..... | 138 |
| Gambar 4.28 | Tampilan yang menyatakan gait telah disimpan..... | 139 |
| Gambar 4.29 | Blok diagram sistem..... | 140 |
| Gambar 4.30 | Diagram Percobaan..... | 142 |
| Gambar 4.31 | Posisi gerak servo ganjil..... | 143 |
| Gambar 4.32 | Posisi gerak servo genap..... | 144 |
| Gambar 4.33 | Lintasan pertama..... | 146 |
| Gambar 4.34 | Lintasan kedua..... | 146 |
| Gambar 4.35 | Pengukuran data percobaan untuk gait 1 dan gait 2..... | 147 |
| Gambar 4.36 | Pengukuran data percobaan untuk gait 3..... | 148 |
| Gambar 4.37 | Pengukuran data percobaan untuk gait 4..... | 150 |
| Gambar 4.38 | Gambar gerakan per step gait 1..... | 151 |
| Gambar 4.39 | Gambar gerakan per step gait 2..... | 157 |
| Gambar 4.40 | Gambar gerakan per step gait 3..... | 162 |
| Gambar 4.41 | Gambar gerakan per step gait 4..... | 166 |
| Gambar 4.42 | Denah ruangan LAB UPT PK..... | 172 |
| Gambar 4.43 | Grafik kecepatan dan simpangan gait 1 (0.5s)..... | 174 |
| Gambar 4.44 | Grafik kecepatan dan simpangan gait 1 (1s)..... | 175 |
| Gambar 4.45 | Grafik kecepatan gait 1 (0.5s) untuk data yang n/a..... | 176 |
| Gambar 4.46 | Grafik simpangan gait 1 (0.5s) untuk data yang n/a..... | 176 |
| Gambar 4.47 | Grafik kecepatan dan simpangan gait 2 (0.5s)..... | 177 |
| Gambar 4.48 | Grafik kecepatan dan simpangan gait 2 (1s)..... | 178 |
| Gambar 4.49 | Grafik kecepatan gait 2 (0.5s) untuk data yang n/a..... | 178 |
| Gambar 4.50 | Grafik simpangan gait 2 (0.5s) untuk data yang n/a..... | 179 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Gambar 4.51 | Grafik kecepatan dan simpangan gait 3 (0.5s)..... | 180 |
| Gambar 4.52 | Grafik kecepatan dan simpangan gait 3 (1s)..... | 181 |
| Gambar 4.53 | Grafik kecepatan dan simpangan gait 4 (0.5s)..... | 181 |
| Gambar 4.54 | Grafik kecepatan dan simpangan gait 4 (1s)..... | 182 |
| Gambar 4.55 | Grafik kecepatan gait 4 (1s) untuk data yang n/a..... | 183 |
| Gambar 4.56 | Grafik simpangan gait 4 (1s) untuk data yang n/a..... | 183 |
| Gambar 4.57 | Grafik kecepatan gait 1, 2 & 4 (0.5s) untuk jarak 100cm..... | 184 |
| Gambar 4.58 | Grafik simpangan gait 1, 2 & 4 (0.5s) untuk jarak 100cm..... | 184 |
| Gambar 4.59 | Grafik kecepatan gait 1, 2 & 4 (1s) untuk jarak 100cm..... | 185 |
| Gambar 4.60 | Grafik simpangan gait 1, 2 & 4 (1s) untuk jarak 100cm..... | 186 |

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A-SKEMATIK SISTEM

- A. Skematik Remote Interface.....LAMPIRAN A-1
- B. Skematik On-Board Controller.....LAMPIRAN A-2

LAMPIRAN B-FOTO ALAT

- A. Foto Modul Bluetooth.....LAMPIRAN B-1
- B. Foto Remote Control.....LAMPIRAN B-2
- C. Foto Robot.....LAMPIRAN B-3

LAMPIRAN C-LISTING PROGRAM SISTEM

- A. Listing Program Remote Interface.....LAMPIRAN C-1
- B. Listing Program On-Board Controller.....LAMPIRAN C-2

LAMPIRAN D-DATASHEET